

CMA serie

Albedómetro

CMP serie

Piranómetro

Manual de Usuario



INFORMACIÓN IMPORTANTE PARA EL USUARIO

Se recomienda leer este manual entero para entender completamente el uso de este producto**.**

Si tiene algún comentario sobre este manual le agradecemos que le envíe a:

Kipp & Zonen B.V.
Delftechpark 36, 2628 XH Delft, Holanda
o Apartado de correos 507, 2600 AH Delft, Holanda

T : +31 (0)15 2755 210
F : +31 (0)15 2620 351
E : info@kippzonen.com
W : www.kippzonen.com

Kipp & Zonen se reserva el derecho de cambiar las especificaciones sin previo aviso.

GARANTÍA Y RESPONSABILIDAD



Kipp & Zonen garantiza que el producto entregado se ha probado minuciosamente para asegurar que cumple con las especificaciones publicadas. La garantía incluida en las condiciones de entrega es válida solo si se ha instalado y utilizado el producto de acuerdo con las instrucciones proporcionadas por Kipp & Zonen.

Kipp & Zonen no será responsable en ningún caso de daños fortuitos o consecuentes, incluyendo sin límite, pérdida de beneficios, pérdida de ingresos, pérdida de oportunidades de negocio, pérdida de uso y otros gastos relacionados, causados o surgidos por un defecto y uso incorrecto del producto. Las modificaciones que haga el usuario pueden afectar a la validez de la declaración CE.

Versión del manual: 1007





DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD

Cumple con la directriz 89/336/EEC 73/23/EEC de la CE

Nosotros	Kipp & Zonen B.V. Delftechpark 36 2628 XH Delft Holanda

Declaramos bajo nuestra única responsabilidad que el producto:

Tipo:	CMP 3 / CMP 6 / CMP 11 / CMP 21 / CMP 22
Nombre:	Piranómetro

y

Tipo:	CMA 6 / CMA 11
Nombre:	Albedómetro

Al que se refiere esta declaración cumple con las normas siguientes:

Inmisiones	EN 50082-1	Norma de grupo
Emisiones	EN 50081-1 EN 55022	Norma de grupo
Norma de seguridad	IEC 1010-1	

Siguiendo las provisiones de la directiva.

B.A.H. Dieterink
Presidente
KIPP & ZONEN B.V.



ÍNDICE





1 INTRODUCCIÓN

Estimado cliente, gracias por comprar un instrumento de Kipp & Zonen. Por favor, lea este manual y la hoja de instrucciones separada para el completo entendimiento del uso de su piranómetro o albedómetro.

Un piranómetro de la serie CMP o un albedómetro de la serie CMA es un radiómetro de alta calidad diseñado para la medición de irradiancia de onda corta sobre una superficie plana (flujo radiante, W/m^2) que es el resultado de la suma de la radiación solar directa y la radiación difusa incidente del hemisferio de encima del instrumento.

De acuerdo con la Norma Internacional ISO 9060 y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) un piranómetro es el tipo de instrumento diseñado para medir la radiación solar global o difusa. Todos los piranómetros y albedómetros de las series CMP/CMA cumplen con una de las clases especificadas por las normas internacionales.

Este manual, junto con la hoja de instrucciones, da información relacionada con la instalación, mantenimiento, calibración, especificaciones del producto y aplicaciones de las series CMP/CMA. Tenga en cuenta que el piranómetro CMP 3 más pequeño con una sola cúpula de cristal no se incluye en este manual debido a la construcción diferente. No obstante, las definiciones y principios generales también se aplican a este modelo.

Si tiene alguna pregunta, por favor, tenga la libertad de contactar con el distribuidor de Kipp & Zonen o envíe un correo electrónico a info@kippzonen.com

Para información sobre otros productos de Kipp & Zonen o para ver cualquier actualización de este manual, vaya a www.kippzonen.com



2 INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO

2.1 Entrega

Compruebe que el contenido del envío está completo (ver abajo) y mire si se ha producido alguno daño durante el transporte. Si hay algún daño, debe rellenar una reclamación inmediatamente con el transportista. En este caso, o si el contenido está incompleto, se le debe notificar a su distribuidor para facilitar la reparación o sustitución del instrumento.

Contenido de la entrega:

- Radiómetro
- Pantalla de protection solar
- Cable con conector
- Informes de prueba
- Hoja de instrucciones
- Kit de fijación del radiómetro
- bolsas desecantes
- CD con documentación del producto

Aunque todos los radiómetros CMP/CMA son resistentes a la intemperie y adecuados para condiciones ambientales duras, tienen algunas piezas mecánicas delicadas. Por favor, guarde el envase original para el transporte seguro del radiómetro al sitio de la medición o para usarlo cuando devuelva el radiómetro para su calibración.

El certificado de calibración proporcionado con el instrumento es válido durante 1 año a partir de la fecha del primer uso por parte del cliente, sujeto a las variaciones de rendimiento debido a condiciones de funcionamiento específicas que se dan en las especificaciones del instrumento. El certificado de calibración está datado en la fecha de fabricación, o recalibración, pero el instrumento no sufre cambios de sensibilidad cuando se guarda en el paquete original y no se expone a la luz. Desde el momento en que se saca el instrumento del paquete y se expone a irradiancia la sensibilidad se desviará ligeramente con el tiempo. Ver el comportamiento de «no estabilidad» (cambio de sensibilidad máximo por año) que se da en la lista de especificaciones del radiómetro.

2.2 Instalación mecánica

La instalación mecánica del radiómetro depende el propósito de la medición. En los párrafos siguientes se explicarán distintos métodos de medición.

2.2.1 Instalación para la medición de radiación global

Se deben seguir con cuidado los pasos siguientes para conseguir un rendimiento óptimo del instrumento.

1. Desecante

Comprobar el estado del desecante y cambiarlo si es necesario, por ejemplo después de un largo periodo de almacenaje.

2. Posición

Idealmente el sitio del radiómetro tiene que estar libre de obstáculos en el horizonte que está por encima del plano del elemento de detección. Si no es posible, se tiene que elegir el lugar de forma que

cualquier obstáculo sobre el rango acimut entre la salida del sol y el ocaso debe tener una elevación que no exceda los 5º (el diámetro aparente del sol es 0,5º).

Esto es importante para una medición precisa de la radiación solar directa. La radiación solar difusa está menos influenciada por obstáculos cercanos al horizonte. Por ejemplo, un obstáculo con una elevación de 5º por encima de todo el rango del acimut de 360º disminuye la radiación solar difusa descendente solo un 0,8 %. El radiómetro tiene que estar fácilmente accesible para la limpieza de la cúpula externa y la inspección del desecante.



Es evidente que el radiómetro debe estar situado de forma que no se proyecte sombra sobre él en ningún momento (por ejemplo, por los mástiles o conductos de ventilación). Hay que tener en cuenta que los gases de escape calientes (> 100 ºC) producirán radiación en el rango espectral del radiómetro y causarán una compensación en las mediciones. El radiómetro tiene que estar lejos de paredes con colores claros o de otros objetos que reflejen la luz solar sobre él, o emitan radiación de onda corta.

3. Montaje

El piranómetro CMP se suministra con dos agujeros para tornillos de 5 mm. Los dos tornillos de acero inoxidable, arandelas, tuercas y anillas aislantes de nylon se proporcionan en el kit de fijación. El piranómetro se tiene que asegurar primero ligeramente con los tornillos en una base de montaje o una plataforma sólida y estable como se muestra en la Figura 1. Después de la recalibración hay que cambiar los aislantes de nylon por otros nuevos para evitar la corrosión.

La temperatura de la base de montaje puede variar en un rango más amplio que la temperatura del aire. Las fluctuaciones de la temperatura del cuerpo del piranómetro pueden producir señales de compensación, por lo tanto, se recomienda aislar térmicamente el piranómetro de la base de montaje colocándole sobre sus tornillos de nivelación. Hay que asegurarse de que hay un buen contacto eléctrico a tierra para alejar las corrientes en la malla de cable inducidas por los relámpagos.

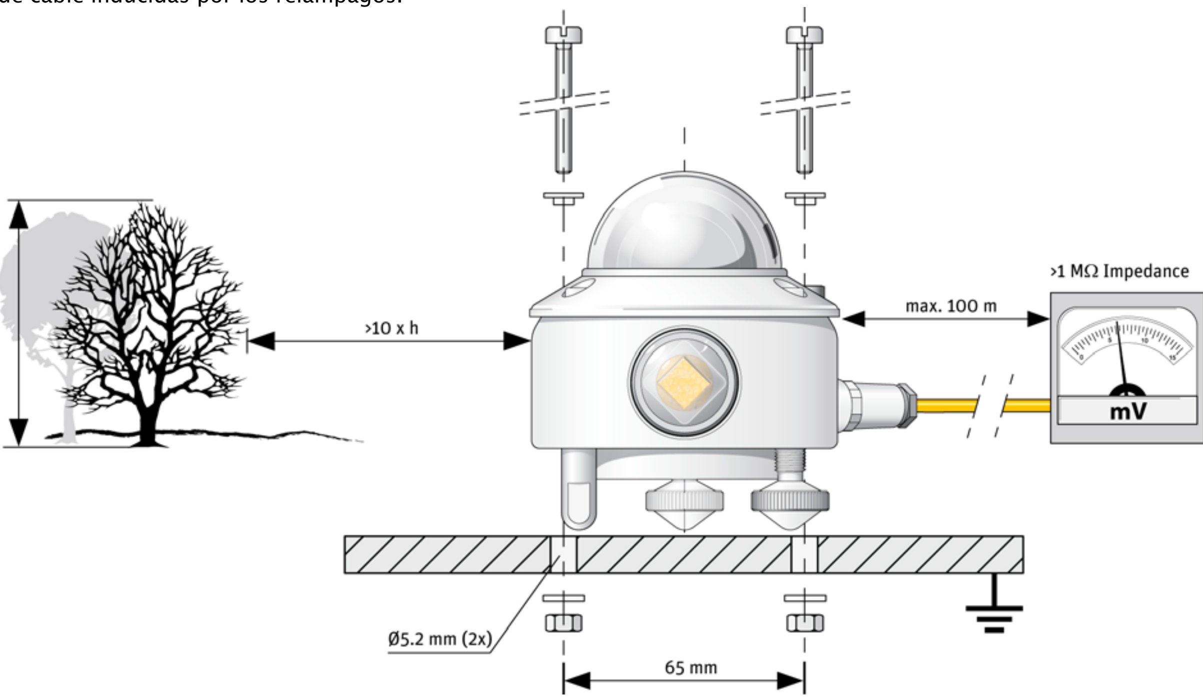


Figura **1** Instalación de piranómetro
Nota: Después de la recalibración y/o reinstalación hay que cambiar los aislantes de nylon por otros nuevos para mantener la durabilidad.

4. Orientación

En principio, no es necesaria una orientación especial del instrumento, aunque la Organización Meteorológica Mundial (OMM) recomienda que el cable de señal apunte hacia el polo más cercano, para minimizar el calentamiento de las conexiones eléctricas.



5. Nivelación del piranómetro

La medición precisa de la radiación global necesita una nivelación adecuada de la superficie de la termopila. El instrumento se nivela girando los dos tornillos de nivelación para poner la burbuja del nivel centrada dentro del círculo marcado. Para la fácil nivelación, se utiliza primero el tornillo más cercano al nivel. Cuando se coloca el piranómetro horizontalmente usando el nivel de la burbuja, o cuando se monta con su base directamente sobre un plano horizontal, la termopila es horizontal dentro de 0,1º.

6. Aseguramiento del piranómetro

Hay que asegurar fuertemente el piranómetro con los dos tornillos de acero inoxidable. ¡Hay que asegurar que el piranómetro mantiene la posición de nivelación correcta!

7. Ajuste de la malla del cable y solar

Se coloca el enchufe del cable correctamente en la toma del radiómetro (solo encaja de una forma) y se atornilla el anillo de bloqueo del enchufe apretando a mano. Finalmente, se sujeta la malla solar para evitar el calentamiento excesivo del cuerpo del radiómetro. El nivel de la burbuja se ve por la parte superior de la malla solar para las comprobaciones rutinarias.

2.2.2 Instalación para la medición de radiación en superficies inclinadas

Se aconseja preajustar los tornillos de nivelación sobre una superficie horizontal para una fácil orientación del instrumento paralelo a la superficie inclinada. Debido a que se espera que la temperatura de la base de montaje aumente considerablemente (más de 10 ºC por encima de la temperatura del aire), el cuerpo se tiene que aislar térmicamente de la base por los tornillos de nivelación. Esto ayudará al equilibrio térmico entre las cúpulas y el cuerpo y disminuirá las señales de offset cero.

2.2.3 Instalación para la medición de radiación reflejada

En la posición invertida el piranómetro mide la radiación global reflejada. De acuerdo con la OMM la altura tiene que estar entre 1 m y 2 m por encima de una superficie uniforme cubierta con hierba corta.

El dispositivo de montaje no debe interferir de forma considerable con el campo de visión del instrumento. El plato superior evita el calentamiento excesivo del cuerpo del piranómetro por la radiación solar y, si es suficientemente grande, mantiene la pantalla inferior libre de precipitación. La pantalla de resplandor inferior evita la iluminación directa de las cúpulas por el sol en la salida del sol y en el ocaso y está disponible como un kit de accesorios para la serie CMP.

Las señales de compensación generadas en el piranómetro por efectos térmicos son uno de los 5 factores más importante en la medición de radiación reflejada debido al nivel de irradiancia inferior. El mástil mostrado en la Figura 2 intercepta la fracción D/2πS. de la radiación que llega de la tierra. En la situación más desfavorable (sol en cenit) la sombra del piranómetro disminuye la señal en un factor R^2/H^2.

Una regla general es:
Una sombra negra con radio = 0,1 H sobre el campo de abajo aumenta la señal en un 1% y el 99% de la señal se originará desde un área con radio 10 H.

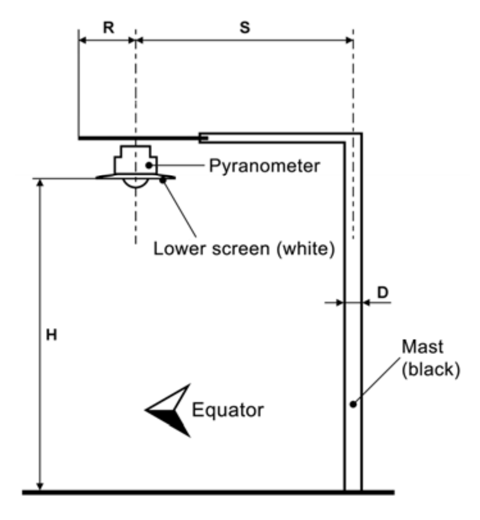


Figura 2 Construcción del mastil



2.2.4 Instalación para la medición de radiación difusa

Para medir la radiación solar, se intercepta la radiación solar directa por un disco o esfera pequeña. La sombra del disco tiene que cubrir completamente las cúpulas del piranómetro. No obstante, para seguir el movimiento aparente del sol, es necesario un dispositivo de seguimiento motorizado, como muestra la Figura 3.
Esto se puede hacer utilizando un seguidor solar de Kipp & Zonen, como el modelo 2 AP, diseñado para seguir al sol con precisión bajo cualquier condición climatológica. Más información sobre la combinación del piranómetro y el seguidor se da en el manual del seguidor solar.

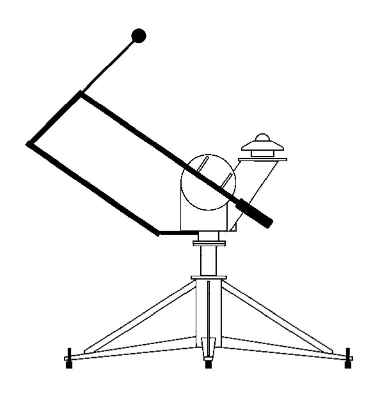


Figure 3 2AP Seguidor solar con piranómetro de sombra

Alternativamente, se puede utilizar un anillo de sombra estático para interceptar la radiación solar directa; pero es menos preciso y puede necesitar ajustes manuales periódicos. Hay momentos en que el anillo de sombra también intercepta una parte de la radiación solar difusa. Por lo tanto, es necesario hacer correcciones por esto en los datos registrados.

Kipp & Zonen produce un anillo de sombra universal, modelo CM 121, que es adecuado para utilizarlo en todas las latitudes. En el manual de CM 121, se dan las instrucciones de instalación y los factores de corrección.

2.2.5 Instalación para la medición del albedo

Un albedómetro mide tanto la radiación solar global como la radiación reflejada desde la superficie de abajo. Se puede configurar desde dos piranómetros de la serie CMP y un plato de montaje adecuado, o utilizando un albedómetro integrado de la serie CMA.

Los requisitos para la instalación de los piranómetros superior e inferior son los mismos que en los apartados 2.2.1 y 2.2.3 para la radiación global y reflejada. Una disposición típica se muestra en la Figura 4. De acuerdo con la OMM la altura tiene que estar entre 1 m y 2 m por encima de una superficie uniforme cubierta con hierba corta.

La instalación de la serie CMA difiere ligeramente porque no hay tornillos de nivelación. La barra de montaje integrada se fija al mástil. CMA tiene una pantalla de resplandor inferior para evitar la iluminación directa de las cúpulas por el sol en la salida y en el ocaso.

El mástil mostrado intercepta una fracción $D/2\pi S$ de la radiación que viene de la tierra. En la situación más desfavorable (sol en cenit) la sombra del piranómetro disminuye la señal en un factor R^2/H^2.

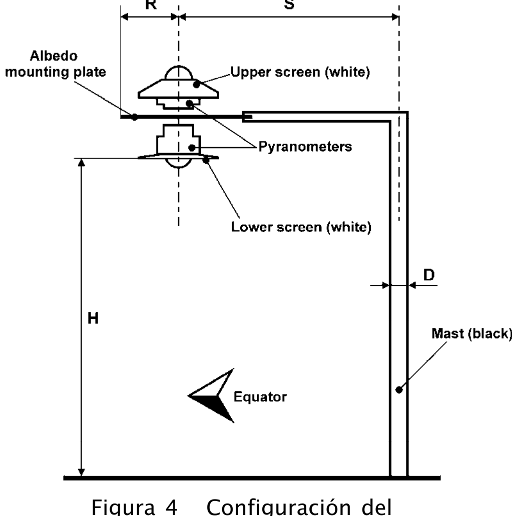


Figura 4 Configuración del albedo

2.2.6 Uso bajo el agua

Los radiómetros CMP/CMA son en principio impermeables de acuerdo con la norma IP 67. No obstante, la cavidad de aire hemisférico bajo la(s) cúpula(s) actúa como una lente negativa. El rayo paralelo de radiación solar directa se hace divergente después de pasar por la cúpula externa. Por lo tanto, la intensidad del sensor es menor que en la(s) cúpula(s) externa(s). La cifra de la sensibilidad calibrada no es válida en este caso y se tiene que derivar empíricamente.



2.3 Instalación eléctrica

Como estándar el CMP/CMA se suministra con un conector para intemperie con un precableado para un cable de 10 m con varios hilos y una malla cubierta con una funda negra. El número de pins de conexión y cables depende del modelo de radiómetro y de si se pone un sensor de temperatura (y de qué tipo). El código de color de los cables y los números de pins del conector se muestran en la hoja de instrucciones. Hay disponibles cables más largos para los elementos opcionales.

Preferiblemente, se asegura el radiómetro con sus tornillos de nivelación o barra de montaje a un suporte metálico con una buena conexión a tierra (p. ej. utilizando un conductor de rayos).

La malla del cable está conectada a la carcasa de aluminio del radiómetro a través del cuerpo del conector. La malla del extremo del cable se puede conectar a tierra en el equipo de lectura. Los rayos pueden provocar sobretensiones en la malla, pero estos serán derivados al piranómetro y al registrador de datos.

Los cables del piranómetro de kipp & Zonen son del tipo de bajo nivel de ruido, pero si se dobla el cable se produce un pequeño pico de voltaje, un efecto triboeléctrico y de capacitancia. Por lo tanto, el cable tiene que estar firmemente asegurado para minimizar la respuesta espuria durante el clima tormentoso.

La impedancia del equipo de lectura carga el circuito de compensación de temperatura y la termopila. Esto puede aumentar la dependencia de la temperatura del piranómetro. Afecta a la sensibilidad más del 0,1 % cuando la resistencia de carga es menor de 100 kΩ. Por este motivo recomendamos utilizar un equipo de lectura con una impedancia de entrada de 1 MΩ o más. Los integradores solares, registradores de datos y registradores cronológicos de Kipp & Zonen cumplen con estos requisitos.

Se pueden utilizar cables largos, pero la resistencia del cable tiene que ser menor que el 0,1 % de la impedancia del equipo de lectura. Es evidente que no se recomienda el uso de circuitos atenuadores para modificar el factor de calibración porque también puede afectar a la respuesta de temperatura.

Una corriente de polarización de entrada alta en el equipo de lectura puede producir varios microvoltios a través de la impedancia del piranómetro y del cable. El offset cero se puede verificar cambiando la impedancia del piranómetro en los terminales de entrada del equipo de lectura con una resistencia.

También se puede conectar el piranómetro a un ordenador o a un sistema de adquisición de datos. Tiene que haber disponible una entrada analógica de bajo voltaje. La resolución del Convertidor analógico-digital (CAN) tiene que permitir una sensibilidad del sistema de aproximadamente 1 bit por W/m^2. No se necesita más resolución durante las mediciones de radiación solar en exteriores, ya que el piranómetro muestra offsets de hasta ± 2 W/m^2 debido a la falta de equilibrio térmico.

Para la amplificación de la señal del piranómetro Kipp & Zonen ofrece el amplificador de señal AMPBOX. Este amplificador convertirá la salida de microvoltios del piranómetro en una señal estándar de 4 – 20 mA. Se recomienda el uso del amplificador AMPBOX para aplicaciones con cables largos (> 100 m), entornos con ruido eléctrico o registradores de datos con entrada de un bucle de corriente. El AMPBOX se puede ajustar en la fábrica para que se adapte a la sensibilidad de un radiómetro individual para producir un rango definido, normalmente 4 – 20 mA representa 0 – 1600 W/m^2. La serie CMA tiene dos salidas de señal independientes, por lo tanto se necesitan dos amplificadores AMPBOX.



2.4 Funcionamiento

Después de terminar la instalación el radiómetro estará listo para funcionar.

El valor de irradiancia ($E_{\downarrow Solar}$) se puede calcular sencillamente dividiendo la señal de salida (U_{emf}) del piranómetro por su sensibilidad ($S_{ensibilidad}$) como se muestra en la Fórmula 1.

Para calcular la irradiancia solar (global o reflejada) se tiene que aplicar la fórmula siguiente:

$$E_{\downarrow Solar} = \frac{U_{emf}}{S_{ensibilidad}}$$ Fórmula 1

E↓Solar = Radiación solar [W/m2]
Uemf = Salida del radiómetro [µV]
Sensibilidad = Sensibilidad del radiómetro [µV/W/m2]

Para asegurar que la calidad de los datos es de un nivel alto, hay que tener cuidado con el mantenimiento diario del radiómetro. Una vez que se toma la medición del voltaje, no se puede hacer nada para mejorar retrospectivamente la calidad de esa medición.

2.5 Incertidumbre de la medición

Cuando está funcionando el piranómetro, su rendimiento está correlacionado con un número de parámetros, como la temperatura, nivel de irradiancia, ángulo de incidencia, etcétera. Normalmente, se utiliza la cifra de la sensibilidad suministrada para calcular las irradiancias. Si las condiciones difieren considerablemente de las condiciones de calibración, se debe esperar incertidumbre en las irradiancias calculadas.

Para un instrumento estándar secundario (de calidad superior) la OMM espera errores máximos en la radiación horaria total del 3 %. En el total diario se espera un error del 2 %, porque algunas variaciones en la respuesta se anulan entre sí si el periodo de integración es largo. Kipp & Zonen espera una incertidumbre máxima del 2 % para totales horarios y del 1 % para totales diarios para el piranómetro CMP 22. Muchos años de experiencia han mostrado que el rendimiento del piranómetro puede mejorar con respecto al offset cero de tipo A utilizando un sistema de ventilación bien diseñado. Se recomienda la unidad de ventilación CV 2 de Kipp & Zonen para minimizar este pequeño error residual.

Para el CMP 22 se puede mostrar independientemente el efecto de cada parámetro sobre la sensibilidad.

El error de no linealidad, la variación de la sensibilidad con la irradiancia, es el mismo para cualquier CMP 22 y se muestran en la Figura 5 para un rango de 0 a 1000 W/m² referido a la calibración en 500 W/m².

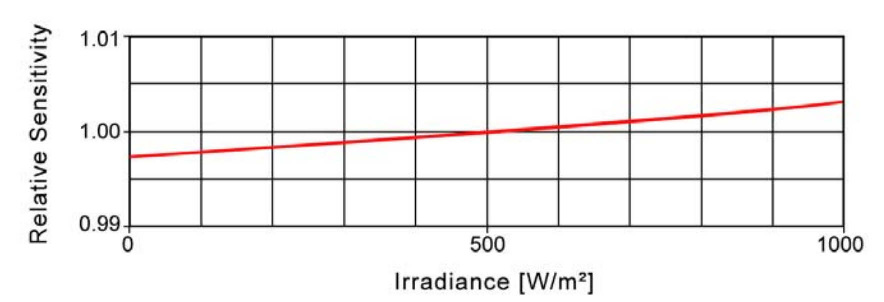


Figura 5 Variación de sensibilidad de no-linealidad de un CMP 22



La dependencia de la temperatura de la sensibilidad es una función del CMP 22 individual. Para un CMP 22 dado la respuesta está en la región entre las líneas curvas de la Figura 6. La dependencia de la temperatura de cada piranómetro CMP 21 y CMP 22 es característica y se suministra con el instrumento. Cada CMP 21 y CMP 22 tiene integrados sensores de temperatura para permitir que se apliquen las correlaciones si es necesario.

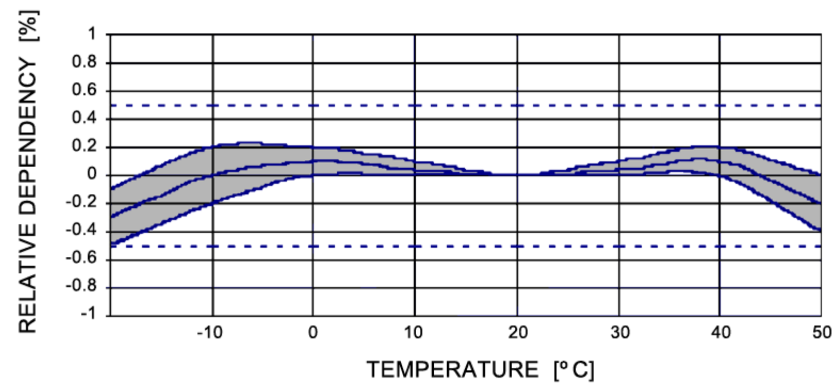


Figura 6 Dependencia de temperatura típica de CMP 22

El error direccional es la suma del error acimut y cenit y normalmente se da en %. La Figura 7 muestra el error cenit relativo máximo en cualquier dirección acimut para el CMP 22. El error diferencial de cada piranómetro CMP 21 y CMP 22 es característico y se suministra con el instrumento.

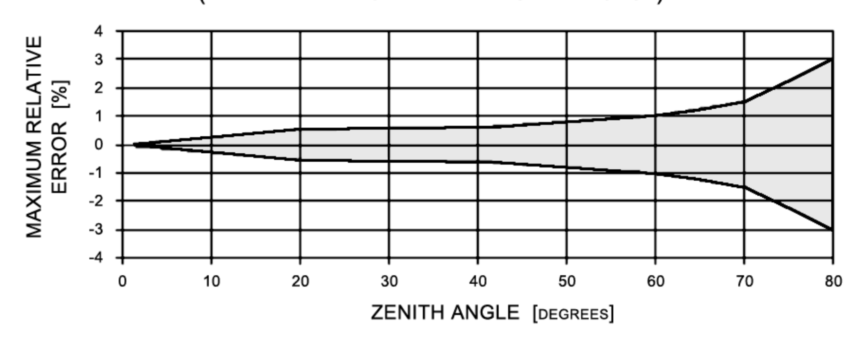


Figura 7 Error direccional relativo de un CMP 22



2.6 Mantenimiento

Una vez instalado el radiómetro necesita poco mantenimiento. Se tiene que limpiar e inspeccionar con regularidad la(s) cúpula(s) externa(s), lo ideal sería todas las mañanas. En noches despejadas sin viento disminuirá la temperatura de la cúpula externa en radiómetros colocados horizontalmente, incluso hasta la temperatura del punto de rocío del aire, debido al intercambio de radiación infrarroja con el cielo frío. (La temperatura efectiva del cielo puede ser 30 ºC inferior que la temperatura de la tierra). En este caso se puede precipitar el rocío, la lluvia helada o la escarcha sobre la parte superior de la cúpula externa y puede permanecer en ella durante varias horas de la mañana. Una tapa de hielo en la cúpula es un difusor fuerte y aumenta drásticamente la señal del piranómetro, hasta el 50 % en las primeras horas después de salir el sol. La escarcha desaparece debido a la radiación solar durante la mañana, pero se debe limpiar manualmente tan pronto como sea posible.

La cúpula del piranómetro se puede ventilar continuamente con un ventilador calefactor para mantener la cúpula por encima de la temperatura de rocío. La necesidad de calor depende considerablemente de las circunstancias climatológicas locales. Generalmente, se aconseja calentar durante las estaciones frías cuando se puede esperar la escarcha y el rocío. La unidad de ventilación CV 2 de Kipp & Zonen está especialmente diseñada para el funcionamiento automático bajo la mayoría de las condiciones climatológicas y tiene una opción de niveles de calentamiento.

Hay que tener en cuenta que los albedómetros CMA y el piranómetro CMP 3 no se pueden utilizar con la unidad de ventilación CV 2.

La revisión periódica sirve para asegurar que el radiómetro está nivelado y que el desecante de gel de sílice está todavía de color naranja. Cuando el gel de sílice naranja del cartucho de secado se vuelve completamente transparente (normalmente después de varios meses), se tiene que cambiar por un gel de sílice nuevo suministrado en los paquetes de relleno pequeños. El contenido de un paquete es suficiente para un relleno completo. Al mismo tiempo se comprueba que el montaje del radiómetro es seguro y que el cable está en buen estado.

Consejos para cuando se cambia el desecante:

- Asegurarse de que las superficies del radiómetro y el cartucho de secado que están en contacto con la junta tórica de caucho están limpias (la corrosión puede hacer mucho daño aquí y la puede causar el polvo, en combinación con el agua);
- La junta tórica de caucho está cubierta con grasa de silicona para mejorar el sellado. Si la junta tórica de caucho parece seca hay que aplicar grasa (también se puede aplicar vaselina);
- Comprobar que el cartucho de secado está ensartado fuertemente en el cuerpo del radiómetro.

Es difícil conseguir que los radiómetros se cierren herméticamente; por lo tanto, debido a las diferencias de presión entre el interior y el exterior del instrumento, siempre habrá algún intercambio de aire (húmedo).

La sensibilidad del radiómetro cambia con el tiempo y con la exposición a la radiación. Se aconseja la calibración cada dos años. Se puede encontrar información adicional sobre los servicios de recalibración de Kipp & Zonen en el Apéndice VI.



3 COMPONENTES PRINCIPALES DE LOS PIRANÓMETROS

El detector del piranómetro CMP/CMA de Kipp & Zonen se basa en un elemento de detección térmica pasiva llamado termopila. Aunque la construcción del detector es diferente para los modelos distintos, el principio de funcionamiento fundamental se aplica a todos los radiómetros de las series CMP/CMA.

La termopila responde a la alimentación total absorbida por el recubrimiento superficial negro, que es una pintura no selectiva espectralmente, y calentamiento. El calor generado fluye a través de una resistencia térmica hacia el disipador térmico (el cuerpo del piranómetro). La diferencia de temperatura a través de la resistencia térmica del detector se convierte en voltaje como una función lineal de la irradiancia solar absorbida.

Al aumento de temperatura le afecta con facilidad el viento, la lluvia y las pérdidas de radiación térmica en el entorno (cielo «frío»). Por lo tanto el detector está protegido por dos cúpulas (el nivel básico de CMP 3 tiene solo una cúpula para reducir el tamaño y el coste). Estas cúpulas permiten igual transmitancia de la componente solar directa para cualquier posición del sol en la esfera celeste. Un cartucho de secado (desecador) de la carcasa del radiómetro se llena con gel de sílice y previene que se forme rocío en la parte interna de la cúpula, que se puede enfriar considerablemente en noches despejadas sin viento.

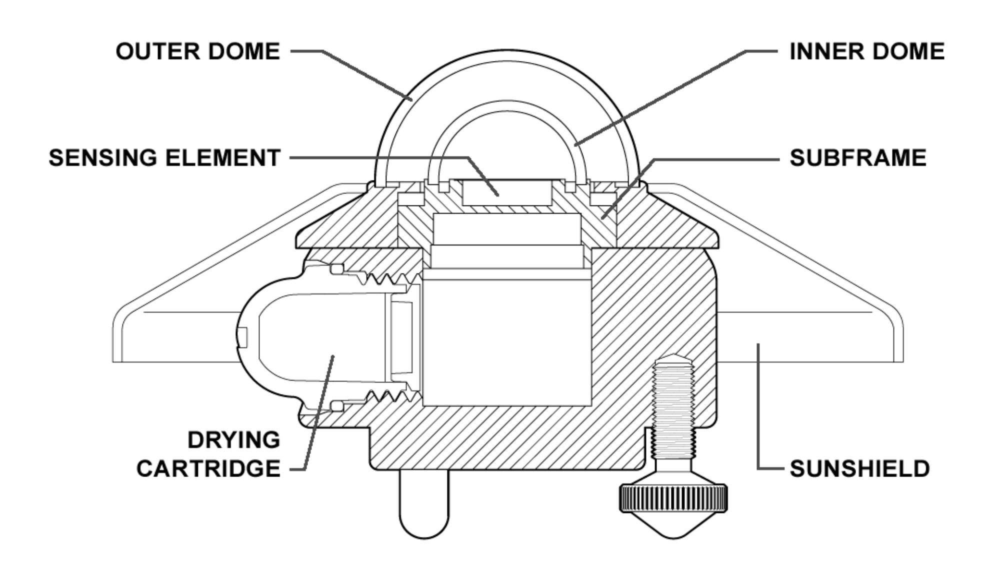


Figura 8 Detalle de la construcción de un piranómetro

3.1 Cúpula

El material de la cúpula del radiómetro define el rango de medición espectral del instrumento. En general, entre el 97 – 98 % del espectro de radiación solar se transmitirá a través de la cúpula y lo absorberá el detector. La irradiancia solar puede venir de cualquier dirección dentro del hemisferio de arriba del radiómetro y por lo tanto las cúpulas está diseñadas para minimizar los errores en la medición en todos los ángulos de incidencia.

Los radiómetros de las series CMP/CMA, excepto el CMP/CM 3, tienen dos cúpulas hemisféricas de alto grado óptico, una cúpula interna y una cúpula externa. En el capítulo de «propiedades físicas del piranómetro» se explicará la relación física entre la cúpula y el rendimiento del piranómetro.

Para cada modelo particular se muestra el material de la cúpula y el rango espectral en el capítulo que contiene las especificaciones del instrumento.



3.2 Detector

El elemento de detección de termopila está construido con un gran número de pares de unión de termopar conectados eléctricamente en serie. La absorción de la radiación térmica por una de las uniones del termopar, llamada la unión activa (o «caliente»), aumenta su temperatura. La temperatura diferencial entre la unión activa y la unión de referencia («fría») mantenida en una temperatura fija produce una fuerza electromotriz directamente proporcional a la temperatura diferencial creada. Este es un efecto termoeléctrico. La sensibilidad del piranómetro depende de las propiedades físicas individuales de la termopila y la construcción. La sensibilidad de cada termopila es única y por lo tanto cada radiómetro tiene un factor de calibración único, incluso con el mismo modelo de radiómetro.

En la superficie superior del sensor se deposita pintura negra que tiene una estructura muy rugosa que contiene muchas microcavidades que «atrapan» de forma eficaz más del 97 % de la radiación incidente en un amplio rango espectral. Además, la selectividad espectral es menor del 2 %. Esto implica que dentro del rango espectral del piranómetro, la absorción para cada longitud de onda es igual dentro del 2 %. El elemento de detección pintado de negro forma el detector. Considerando la estabilidad a largo plazo del instrumento, la pintura negra es una de las partes más importantes y delicadas del piranómetro. La pintura negra de Kipp & Zonen da la mejor estabilidad posible durante un largo periodo de tiempo bajo todas las condiciones meteorológicas.

3.3 Carcasa

La carcasa del radiómetro contiene todas las piezas fundamentales del piranómetro. Las piezas de aluminio anodinado son ligeras y dan una estabilidad mecánica y térmica alta al instrumento. Debido a su construcción mecánica todos los piranómetros están virtualmente sellados y cumplen con la norma internacional IP 67. Cada modelo de piranómetro se puede nivelar usando el nivel de burbuja y dos patas de nivelado. Para facilitar el mantenimiento, el nivel de burbuja está situado cerca de la cúpula del instrumento y debido a la forma especial de la malla solar es visible desde arriba. La malla solar actúa para proteger todas las piezas externas de la radiación y para reducir el calentamiento de la carcasa por el sol.

3.4 Cartucho desecante

En caso de que entre humedad en el cuerpo del radiómetro el desecante de gel de sílice regula el nivel de humedad dentro del piranómetro. Inicialmente el desecante tendrá color naranja. Cuando pase algo de tiempo se satura por la humedad y el color cambiará a claro (transparente). En este momento el contenido del cartucho de secado se tiene que cambiar por otro nuevo, con desecante de color naranja insaturado tan pronto como sea posible. El recambio del desecante lo tienen disponible los distribuidores de Kipp & Zonen.

3.5 Cable y conector

Para facilitar la instalación y el cambio durante la recalibración del radiómetro, se suministra las series CMP/CMA con un conector de cable de señal resistente a la intemperie.

Los radiómetros de Kipp & Zonen utilizan un cable a medida que se selecciona como un tipo de bajo nivel de ruido particularmente pensado para manejar salidas de bajo voltaje de la termopila o del sensor de temperatura.

La malla del cable está conectada al cuerpo del metal del conector y se debe conectar preferiblemente a tierra en el equipo de lectura. Los cables vienen preconectados a la toma del conector en una gama de longitudes.



4 PROPIEDADES FÍSICAS DEL PIRANÓMETRO

4.1 Rango espectral

El espectro de la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra está dentro del rango de longitudes de onda que va de 280 nm a 4000 nm, que van desde la ultravioleta (UV) hasta el infrarrojo (FIR) como se muestra en la Figura 9. Debido a las propiedades físicas excelentes de la cúpula de cristal y la pintura que absorbe el negro, los radiómetros de las series CMP/CMA de Kipp & Zonen son igualmente sensible a un amplio rango espectral. El 97-98 % de la energía total la absorberá el detector térmico. El piranómetro CMP 22 tiene un amplio rango espectral debido a las cúpulas de cuarzo utilizadas en su construcción.

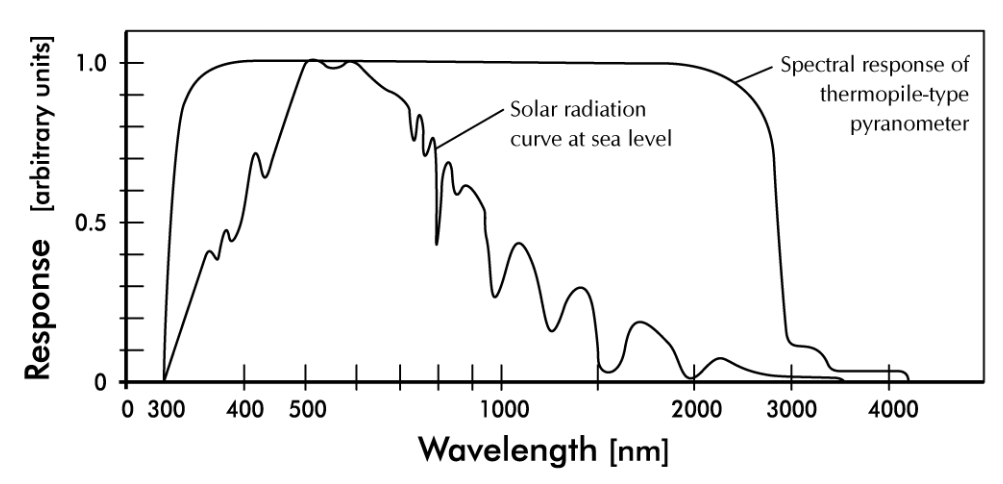


Figura 9 Espectro de irradiancia solar en la superficie de la Tierra y respuesta del piranómetro

4.2 Sensibilidad

La sensibilidad de la termopila del radiómetro está determinada principalmente por las propiedades físicas del detector en sí mismo. La alimentación termoeléctrica, la conductividad térmica de las uniones y las dimensiones generales del elemento de detección están relacionadas con su sensibilidad.

4.3 Impedancia

La impedancia del radiómetro se define como la impedancia eléctrica total en el conector de salida del radiómetro que se ajusta a la carcasa. Surge desde la resistencia eléctrica en las uniones térmicas, cables y elementos electrónicos pasivos dentro del radiómetro.

4.4 Tiempo de respuesta

Algún dispositivo de medida requiere un cierto tiempo para reaccionar a un cambio en el parámetro que se está midiendo. El radiómetro requiere tiempo para responder a un cambio en la radiación incidente. El tiempo de respuesta se considera normalmente como el tiempo para que la salida

alcance el 95 % (algunas veces el 63 %) del valor final después de un cambio de paso en la irradiancia. Lo determinan las propiedades físicas de la termopila y la construcción del radiómetro.

Los radiómetros de las series CMP/CMA tienen una respuesta rápida, que los hace adecuados para medir radiación solar bajo condiciones meteorológicas variables.



4.5 No linealidad

La no linealidad de un radiómetro es el porcentaje de desviación en la sensibilidad a lo largo del rango de irradiancia de 0 a 1000 $W·m^{-2}$ comparado con la sensibilidad de la irradiancia de calibración de 500 $W·m^{-2}$. El efecto de no linealidad se debe a las pérdidas de calor por convección y radiación en la superficie absorbente negra que hace el equilibrio térmico condicional del radiómetro no lineal.

4.6 Dependencia de la temperatura

El cambio de sensibilidad del radiómetro con el cambio de temperatura ambiente está relacionado con las dinámicas térmicas de la construcción del radiómetro. La dependencia de la temperatura se da como un porcentaje de desviación con respecto a la sensibilidad calibrada a + 20 ºC. Algunos modelos de radiómetros de las series CMP/CMA tienen circuitos de compensación eléctrica pasiva para minimizar este efecto. Cada piranómetro CMP 21 y CMP 22 se suministra con un certificado de prueba individual que da la dependencia de la temperatura en el rango de – 20 °C a + 50 °C, en intervalos de 10 °C. Los CMP 21 y CMP 22 se ajustan como estándar con un sensor de temperatura interna para permitir que se apliquen las correcciones de sensibilidad si se desea.

4.7 Error de inclinación

Es la desviación de la sensibilidad en una inclinación de 0° (exactamente horizontal) en el rango de inclinación de 0° a 90° bajo una irradiancia de incidencia normal de 1000 $W·m^{-2}$. La respuesta de inclinación es proporcional a la radiación incidente. El error se puede corregir, en aplicaciones en que sea necesario instalar el piranómetro en una superficie inclinada, pero normalmente es insignificante.

4.8 Offset cero A

Por leyes físicas, cualquier objeto que tiene una cierta temperatura intercambiará radiación con su entorno. Las cúpulas de los radiómetros orientadas hacia arriba intercambian radiación principalmente con la atmósfera relativamente fría. En general, la atmósfera estará más fría que la temperatura ambiente en la superficie de la Tierra. Por ejemplo, un día despejado puede haber una temperatura efectiva de hasta 50 ºC más fría, mientras que un cielo cubierto tendrá aproximadamente la misma temperatura que la superficie de la Tierra. Debido a esto las cúpulas del piranómetro «perderán» energía hacia la atmósfera más fría por medio de la transferencia por radiación. Esto hace que la cúpula se enfríe más que el resto del instrumento. Esta diferencia de temperatura entre el detector y la carcasa del instrumento generará una señal de salida negativa pequeña que se llama normalmente Offset cero de tipo A. Este efecto se minimiza utilizando una cúpula interna. Esta cúpula interna actúa como un «amortiguador de radiación» Lo de arriba se muestra en la Figura 10.

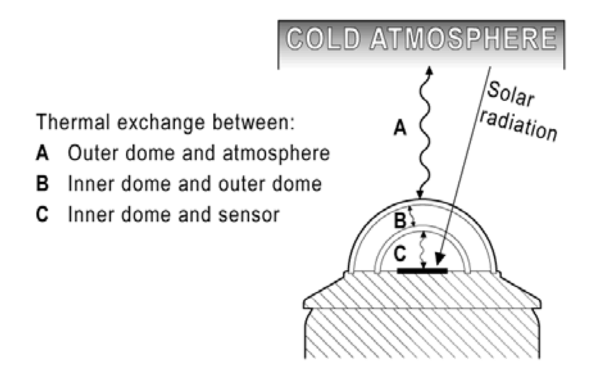


Figura 10 Offset Cero de tipo A Offset cero B

Este efecto se puede minimizar aplicando la ventilación adecuada del instrumento. La unidad de ventilación CV 2 está diseñada especialmente para la serie CMP, excepto CMP 3.



Proporcionalmente a la temperatura ambiente la temperatura del instrumento varía y causa corrientes de calor dentro del instrumento. Esto causará un offset llamado normalmente Offset cero tipo B. Se cuantifica como la respuesta en W/m^2 a un cambio de 5 K/hr en la temperatura ambiente.

4.9 Temperatura de funcionamiento

El rango de temperaturas de funcionamiento del radiómetro lo determinan las propiedades físicas de las piezas individuales. Dentro del rango de temperaturas especificado, los radiómetros de Kipp & Zonen pueden funcionar de forma segura. Fuera de este rango de temperaturas hay que tomar precauciones especiales para evitar cualquier daño físico y una pérdida de rendimiento del radiómetro. Por favor, contacte con su distribuidor para información adicional relacionada con el funcionamiento en condiciones de temperatura anormalmente duras.

4.10 Campo de visión

El campo de visión se define como el ángulo de visión abierto sin obstrucción del radiómetro. ISO y OMM exigen que un piranómetro para la medición de radiación solar global tenga un campo de visión de 180º en todas las direcciones (es decir, un hemisferio). El campo de visión inherente del instrumento no se debe confundir con el campo de visión despejado de la posición de la instalación.

4.11 Respuesta direccional

La radiación que incide sobre una superficie horizontal plana originada desde una fuente puntual con una posición cenit definida tendrá un valor de intensidad proporcional al coseno del ángulo cenital de incidencia. Esto a veces se llama la «ley del coseno» o «respuesta del coseno» y se muestra en la figura 11.

Lo ideal es que un piranómetro tenga una respuesta direccional que sea exactamente la misma que la ley del coseno. No obstante, en un piranómetro la respuesta direccional está influenciada por la calidad, dimensiones y construcción de las cúpulas.

La desviación máxima de la respuesta del coseno ideal del piranómetro se da hasta un ángulo de incidencia de 80º con respecto a una irradiancia de 1000 W/m^2 en incidencia normal (0º).

$\alpha = 45°$ $\alpha = 0°$

Figura 11 Ángulo cenital solar

4.12 Irradiancia máxima

La irradiancia máxima se define como el nivel de irradiancia total más allá del cual se puede producir un daño físico en el instrumento.

4.13 No estabilidad

Es el cambio porcentual en la sensibilidad a lo largo de un periodo de un año. Este efecto se debe principalmente a la degradación que produce la radiación UV en la pintura absorbente negra de la superficie del elemento de detección. Kipp & Zonen recomienda que se vuelva a calibrar cada dos años. No obstante, para asegurar la calidad, algunos institutos, empresas y redes pueden necesitar que se calibre con más o menos frecuencia. Por favor, lea el capítulo sobre el procedimiento de calibración de los piranómetros para más información.



4.14 Selectividad espectral

La selectividad espectral es la variación del coeficiente de absorción y transmisión de la cúpula de la pintura del detector negro con la longitud de onda y se especifica normalmente como un % del valor medio.

4.15 Entorno

Las series CMP/CMA están pensadas para funcionar en exteriores bajo todas las condiciones climatológicas que se esperan. Los radiómetros cumplen con la IP 67 y su construcción mecánica sólida es adecuada para utilizarlo bajo todas las condiciones ambientales dentro de los rangos especificados.

4.16 Incertidumbre

La incertidumbre de la medición se puede describir como la incertidumbre máxima esperada por hora o día con respecto a la «verdad absoluta». El nivel de confianza es del 95 %, lo que significa que el 95 % de los puntos de datos están dentro del intervalo de incertidumbre dado que representa el valor absoluto. Kipp & Zonen determina empíricamente las cifras de incertidumbre basadas en muchos años de mediciones de campo.



5 CALIBRACIÓN

5.1 Principio de calibración

Un radiómetro ideal da un resultado de voltaje que es proporcional al nivel de irradiancia absoluto. Esta relación se puede expresar como un ratio constante llamado «sensibilidad» ($S_{ensibilidad}$).

La cifra de la sensibilidad de un radiómetro particular es única. Se determina en el laboratorio del fabricante por comparación con un radiómetro de referencia de un tipo similar. El radiómetro de referencia se calibra en exteriores con regularidad en el Centro Mundial de Radiación (CMR) en Davos, Suiza. El contenido espectral de la lámpara de calibración de laboratorio es distinto del espectro solar en el exterior en el Centro Mundial de Radiación. No obstante, esto no tiene consecuencias para la transferencia de calibración, porque los radiómetros estándar y de prueba tienen el mismo revestimiento negro y las mismas cúpulas.

La cifra de sensibilidad suministrada es válida para las siguientes condiciones:

- Una temperatura ambiente de + 20 ºC.
- Para un radiómetro horizontal y para un radiómetro inclinado.
- Radiación incidente normal de 500 W/m^2.

Para cualquier otra condición se puede utilizar la cifra de sensibilidad dentro de unas francas de incertidumbre dadas en las especificaciones de cada modelo.

Un resumen de los métodos de calibración también se encuentra en la guía de la OMM de 1996.

5.2 Procedimiento de calibración en Kipp & Zonen

5.2.1 La instalación de la calibración

El procedimiento de calibración en interiores, según el Apéndice III de la ISO 9847, se basa en la comparación colocándole junto con un radiómetro de referencia bajo un sol artificial estable. Kipp & Zonen utiliza una lámpara de descarga de gas de haluro de metal a alta presión de 150 W con estabilización de voltaje. Más allá de la lámpara hay un reflector con un diámetro de 16,2 cm. El reflector está 110 cm por encima de los radiómetros produciendo un rayo vertical. La irradiancia de los radiómetros es aproximadamente de 500 W/m².

Para minimizar la desviación de la luz de las paredes y del operario, se limita la luz a un pequeño cono alrededor de los dos radiómetros. El radiómetro desconocido «a» y el radiómetro de referencia «b» se colocan uno junto al otro en una mesa pequeña. La mesa puede girar para intercambiar las posiciones (1 y 2) de los radiómetros. La lámpara se centra en el eje de rotación de la mesa. Realmente no hay una incidencia normal de la radiación, sino que el ángulo de incidencia es el mismo para ambos radiómetros (3º) para que no pueda dar lugar a errores. Los dos radiómetros no se nivelan con los tornillos, sino que se colocan sobre sus bases. El efecto de la pequeña inclinación del rayo es insignificante (compare cos 3˚ = 0,9986 y cos 4˚ = 0,9976).

5.2.2 Procedimiento de calibración

Después de iluminar durante 30 segundos, los voltajes de salida de ambos radiómetros se integran durante 30 segundos. Luego, se cubren ambos radiómetros. Después de 30 segundos se integran las señales de offset cero de ambos radiómetros, otra vez durante un periodo de 30 segundos. La irradiancia en la posición 1 (radiómetro «a») puede ser ligeramente distinta de la de la posición 2 (radiómetro «b») debido a la asimetría en las ópticas de la lámpara, etc. Por lo tanto, se intercambian los radiómetros girando la mesa y se repite todo el procedimiento.



5.2.3 Cálculo

La sensibilidad del piranómetro desconocido se calcula con la fórmula 2:

$$S_a = \frac{A + A'}{B + B'} \cdot S_b$$

Fórmula 2

Sb = Sensibilidad del radiómetro de referencia a +20 °C.
A = Resultado del radiómetro de prueba en la posición 1
A’ = Resultado del radiómetro de prueba en la posición 2
B = Resultado del radiómetro de referencia en la posición 2
B’ = Resultado del radiómetro de referencia en la posición 1
Sa = Sensibilidad del radiómetro de prueba a +20 °C.

Resultado = valor medio en respuesta del 100 % menos la señal de offset cero

5.2.4 Offset cero

La carcasa de la lámpara y los restrictotes de rayos se calientan y emiten radiación infrarroja de onda larga, lo que calienta la cúpula de cristal externa e, indirectamente, la interna. Cuando los radiómetros están a la sombra, todavía queda una pequeña señal de hasta +20 µV debido a la radiación infrarroja de onda larga que va desde la cúpula interna hasta el sensor. Este offset cero disminuye con una constante de tiempo (1/e) de varios minutos.
Un offset cero también se expresa en la respuesta debida a la iluminación. Para corregir esta respuesta no deseada, se resta la lectura del offset cero después de 60 segundos de sombra.

5.3 Trazabilidad de la referencia radiométrica mundial

Los radiómetros de referencia, que se calibran anualmente en el Centro Mundial de Radiación de Davos, se utilizan para la calibración de radiómetros fabricados por Kipp & Zonen. Los radiómetros de referencia están completamente caracterizados, es decir, se registra la linealidad, dependencia de la temperatura y respuesta direccional.

Kipp & Zonen tiene dos radiómetros de referencia para cada modelo de radiómetro. Estos radiómetros de referencia se envían en años alternos al CMR para su calibración, de esta forma se puede realizar la producción y calibración en Delft sin interrupción.

5.4 Recalibración

La sensibilidad del radiómetro cambia con el tiempo y con la exposición a la radiación. Se aconseja la calibración periódica cada dos años.

Se pueden hacer calibraciones precisas en exteriores bajo condiciones despejadas por comparación con un pirheliómetro de referencia. Muchos servicios climatológicos nacionales y regionales tienen instalaciones de calibración. Su pirheliómetro estándar está comparado con la Referencia Radiométrica Mundial de Davos, Suiza. Ésta abarca varios pirheliómetros de cavidades absolutas (cuerpo negro). Se puede encontrar información sobre los centros de calibración regionales en el apéndice V.

Hay varios procedimientos para la calibración por transferencia desde un instrumento con campo de visión estrecho (pirheliómetro) a un instrumento con campo de visión amplio (piranómetro). Por ejemplo, se elimina temporalmente el componente directo de la radiación solar desde el piranómetro haciendo sombra en toda la cúpula externa del instrumento con un disco. No obstante, no hay un equilibrio térmico con este método y algunos modelos de piranómetro muestran una deriva de offset cero.



Hay otro procedimiento, durante el cual el piranómetro desconocido permanece en su situación de funcionamiento normal. Este método «componente» implica la medición del componente directo con un pirheliómetro y del componente difuso con un piranómetro a la sombra de un disco. Como, durante un día despejado, la radiación difusa es solo un 10 % de la radiación global, no es necesario que se conozca la sensibilidad del segundo piranómetro con mucha precisión. Ambos procedimientos son adecuados para conseguir que funcione un piranómetro estándar. El último se describe más ampliamente en la norma internacional ISO 9846.

La transferencia desde el piranómetro de calibración a otros piranómetros se puede hacer a la luz solar. Los piranómetros tienen que estar montados uno junto al otro para que vean los dos la misma cúpula solar. Es deseable integrar, o promediar, los resultados durante un periodo de tiempo y luego calcular las constantes de calibración sobre la base de estas medias. Esto reduce los errores debidos a los cambios de parámetros a lo largo del día.

La transferencia desde otro piranómetro del laboratorio solo es posible cuando ambos piranómetros son del mismo tipo y tienen las mismas cúpulas de cristal y coberturas ópticas. Kipp & Zonen puede recalibrar piranómetros con este método.



6 MODELOS CMP/CMA

La serie CMP ofrece 5 modelos distintos desde CMP3 hasta CMP 22. La construcción mecánica de los CMP 3 difiere de los otros en que tiene una sola cúpula, dimensiones de carcasa más pequeñas y no tiene cartucho de secado (la carcasa está completamente cerrada). Las características y especificaciones de los piranómetros de cúpula doble de las gamas de CMP 6 a CMP 22 se especifican en este capítulo. La serie CMP/CMA está diseñada para la medición de la irradiancia (flujo radiante, W/m^2) en una superficie plana, que resulta de la irradiancia solar directa y de la incidencia de radiación difusa desde el hemisferio de arriba.

Un radiómetro CMP/CMA incluye un nivel de burbuja integrado, cartucho de secado rellenable, malla solar trincada blanca, y un cable de salida de señal protegido con conector. Además, los albedómetros de la serie CMA también tienen una malla de resplandor inferior cónica integrada para evitar la iluminación de la cúpula de cristal inferior en el amanecer y el ocaso. Los albedómetros están equipados con una barra de montaje para la unión a un mástil. Todos los albedómetros se suministran con un certificado de calibración que indica las sensibilidades tanto del sensor superior como inferior.

La serie CMP (excepto CMP 3) se puede utilizar junto con la unidad de ventilación CV 2 de Kipp & Zonen para mejorar el rendimiento de la medición y reducir el mantenimiento general del instrumento.

Para la medición del componente difuso de radiación solar solo, se puede proteger el componente solar directo estáticamente desde los piranómetros CMP por el anillo de sombra CM 121 de Kipp & Zonen, y de forma completamente automática por el seguidor solar 2 AP con el sistema de sombreado.

6.1 CMP 6 / CMA 6

Cumple perfectamente con todos los criterios de especificación de la ISO-9060 para un piranómetro de Primera Clase ISO, el CMP/CMA 6 se caracteriza por sesenta y cuatro elementos de detección termopar de unión (conectados en serie). Los elementos de detección están recubiertos con un recubrimiento inorgánico de carbono altamente estable, que dan una absorción espectral excelente y se caracterizan por una estabilidad a largo plazo. El detector está situado bajo dos cúpulas de cristal concéntricas que tienen un espesor de 2 mm.

La versión albedo se construye alrededor de dos sensores del piranómetro CMP 6 y también cumple con la clasificación ISO. Ambos sensores están contenidos en una sola carcasa y tienen sensibilidades individuales.

6.2 CMP 11 / CMA 11

Cumple perfectamente con todos los criterios de especificación de la ISO-9060 para un piranómetro Estándar Secundario ISO, el CMP 11 se caracteriza por 32 elementos de detección termopar de unión (conectados en serie) que tienen una respuesta más rápida que el CMP 6 / CMA 6. Se incluye la compensación de la temperatura pasiva para la dependencia de la temperatura de la sensibilidad mejorada y se reduce la no linealidad. El elemento de detección esta situado debajo de dos cúpulas de cristal concéntricas de alta calidad que tienen 2 mm de espesor y proporcionan una mejora en el error direccional. La nivelación del radiómetro es más precisa que en CMP 6 / CMA 6.

CMA 11 está construido alrededor de dos sensores piranómetros CMP 11. Ambos sensores están contenidos en una sola carcasa y tienen sensibilidades individuales.

6.3 CMP 21

El CMP 21 es un piranómetro científico de alta precisión que se basa en el CMP 11 pero con una optimización y caracterización individuales y un sensor de temperatura de carcasa integrado. El CMP excede los criterios de especificación de ISO-9060 para un piranómetro Estándar Secundario ISO.

Las características especiales del CMP 21 son:

- Dependencia de temperatura optimizada y caracterizada individualmente.
- Respuesta direccional caracterizada individualmente.
- Sensor de temperatura de carcasa integrado.



6.4 CMP 22

El CMP 22 es un piranómetro científico de alta precisión basado en el CMP 21 pero con cúpulas de cuarzo seleccionadas rigurosamente con un espesor de 4 mm. El CMP 22 tiene un rango espectral ampliado para ajustarse a pirheliómetros con ventanas de cuarzo. Debido a la alta calidad óptica y al índice de refracción más alto de las cúpulas de cuarzo el error direccional se reduce a menos de 5 W/m².

El comportamiento del offset cero se mejora fundamentalmente de dos formas:

El offset cero causado por el cambio de temperatura del instrumento es insignificante, debido a la construcción de termopila muy bien equilibrada.

El offset cero debido a la diferencia entre la temperatura del sensor y de la cúpula (p. ej. absorción y emisión de radiación infrarroja lejana por la cúpula externa) se minimiza usando un acoplamiento térmico mejorado del sensor y la parte superior de la cúpula. Cúpulas con mayor espesor, ambas de 4 mm, y la conductividad térmica el 50 % más alta del cuarzo, comparada con el cristal, mejoran este acoplamiento térmico.

Las características de CMP 22 son:

- Offset cero con gradiente térmico insignificante.
- Offset cero más bajo debido a la radiación FIR.
- Rango espectral más amplio 200 – 3600 nm.
- Error direccional < 5 W/m².
- Menor dependencia de temperatura de la sensibilidad.

Los piranómetros CMP 11 y CMP 21, el CMP 22 cumplen con las especificaciones para la mejor de las tres clases de piranómetros, «Alta calidad», como se define en la «Guía para los Instrumentos meteorológicos y Métods de observación», sexta edición, 1996, de la Organización Meteorológica Mundial (*OMM) Ginebra, Suiza. La mayoría de las especificaciones del CMP 22 son el doble de buenas que los requisitos.

** La clasificación de la OMM es una adaptación de la norma internacional ISO 9060 (1990). Aquí clase de «alta calidad» se considera como «estándar secundario».*

6.5 Especificaciones de funcionamiento de la serie CMP / CMA

Specification	Unit	CMP 6/ CMA 6	CMP 11 / CMA 11	CMP 21	CMP 22	Definition
Spectral range	nm	285 - 2800	285 - 2800	285 - 2800	200 - 3600	50 % response point
Sensitivity	μV/W/m²	5 to 20	7 to 14	7 to 14	7 to 14	Signal output for 1 W/m² irradiance
Impedance	Ω	20 to 200	10 to 100	10 to 100	10 to 100	At instrument housing connector
Response time	s	< 18	< 5	< 5	< 5	95% of final value
		< 6	< 1.7	< 1.7	< 1.7	63 % of final value
Non-linearity	%	< 1	< 0.2	< 0.2	< 0.2	From 0 to 1000 W/m² irradiance
Temperature dependence of sensitivity	%	< 4	< 1	< 1*	< 0.5*	Variation in range - 10 °C to + 40 °C from value at + 20 °C *(- 20 °C to + 50 °C)
Tilt error	%	< 1	< 0.2	< 0.2	< 0.2	Deviation when facing downwards
Zero offset A	W/m²	< 15	< 7	< 7	< 3	At 0 to - 200 W/m² of IR net radiation
Zero offset B	W/m²	< 4	< 2	< 2	< 1	At 5 K/h temperature change rate
Operating temperature	°C	-40 to +80	-40 to +80	-40 to +80	-40 to +80	Storage temperature is the same
Field of view		180°	180°	180°	180°	Hemispherical
Directional error	W/m²	< 20	< 10	< 10	< 5	At 80° with 1000 W/m² irradiance
Maximum irradiance	W/m²	2000	4000	4000	4000	Level above which damage may occur
Non-stability	%	< 1	< 0.5	< 0.5	< 0.5	Variation in sensitivity per year
Humidity	% RH	0 - 100	0 - 100	0 - 100	0 - 100	Relative Humidity
Uncertainty in daily total	%	< 5	< 2	< 2	< 1	95 % confidence level



6.6 Especificaciones generales de la serie CMP / CMA

Construction	Unit	CMP 6 / CMA 6	CMP 11 / CMA 11	CMP 21	CMP 22
Temperature sensor		N/A	N/A	Thermistor (standard): YSI 44031 10k@25ºC Thermistor. ±0.2ºC	Thermistor (standard): YSI 44031 10k@25ºC Thermistor ±0.2ºC
				Pt-100 (optional) DIN IEC 751. Class A	Pt-100 (optional) DIN IEC 751. Class A
Descicant		Silica gel (replaceable)	Silica gel (replaceable)	Silica gel (replaceable)	Silica gel (replaceable)
Housing		Anodized Aluminium body	Anodized Aluminium body	Anodized Aluminium body	Anodized Aluminium body
Cable Connector		Shell : CuZn (Brass, Nickel plated)	Shell : CuZn (Brass, Nickel plated)	Shell : CuZn (Brass, Nickel plated)	Shell : CuZn (Brass, Nickel plated)
Chassis connector		Shell : CuZn (Brass, Nickel plated)	Shell : CuZn (Brass, Nickel plated)	Shell : CuZn (Brass, Nickel plated)	Shell : CuZn (Brass, Nickel plated)
		Contacts : CuZn, (Nickel, gold plated)	Contacts : CuZn, (Nickel, gold plated)	Contacts : CuZn, (Nickel, gold plated)	Contacts : CuZn, (Nickel, gold plated)
Cable		Colour Yellow (RAL 1021), Polyurethane, Halogen free, UV blocking	Colour Yellow (RAL 1021), Polyurethane, Halogen free, UV blocking	Colour Yellow (RAL 1021), Polyurethane, Halogen free, UV blocking	Colour Yellow (RAL 1021), Polyurethane, Halogen free, UV blocking
Cable length	m	10 (standard), 25, 50 (optional)	10 (standard), 25, 50 (optional)	10 (standard), 25, 50 (optional)	10 (standard), 25, 50 (optional)
Cable wires	Pin 1	Red (+)	Red (+)	Red (+)	Red (+)
	Pin 2	Blue (-)	Blue (-)	Blue (-)	Blue (-)
	Pin 3	Green (+) Albedo sensor facing downward	Green (+) Albedo sensor facing downward	Green (10 K thermistor) (Pt-100, with Gray)	Green (10 K thermistor) (Pt-100, with Gray)
	Pin 4	Yellow (-) Albedo sensor facing downward	Yellow (-) Albedo sensor facing downward	Yellow (10 K thermistor) (Pt-100, with Brown)	Yellow (10 K thermistor) (Pt-100, with Brown)
	Pin 5			Gray (Pt-100)	Gray (Pt-100)
	Pin 6			Brown (Pt-100)	Brown (Pt-100)
Bubble level sensitivity	°	0.1 (bubble inside ring)	0.1 (bubble inside ring)	0.1 (bubble inside ring)	0.1 (bubble inside ring)
Total weight	kg	0.6 (without cable)	0.6 (without cable)	0.6 (without cable)	0.6 (without cable)
		0.9 (with 10 m cable)	0.9 (with 10 m cable)	0.9 (with 10 m cable)	0.9 (with 10 m cable)
		0.9 (without cable)(Albedometer)	0.9 (without cable)(Albedometer)		
		1.2 (with 10 m cable)(Albedometer)	1.2 (with 10 m cable)(Albedometer)		
Outer dimensions	mm	79 x 92.5 (WxH), sun shield Ø 150	79 x 92.5 (WxH), sun shield Ø 150	79 x 92.5 (WxH), sun shield Ø 150	79 x 92.5 (WxH), sun shield Ø 150
		128 x 114 (WxH), sun shield Ø 150 (Albedometer)	128 x 114 (WxH), sun shield Ø 150 (Albedometer)		
Mounting		2 bolts M5 with 65 mm centres. Integral anodized Aluminium tube Ø 16 mm x 350 mm long (Albedometer)	2 bolts M5 with 65 mm centres. Integral anodized Aluminium tube Ø 16 mm x 350 mm long (Albedometer)	2 bolts M5 with 65 mm centres.	2 bolts M5 with 65 mm centres.
Sensor height	mm	68	68	68	68
International standards	WMO	Good quality	High quality	High quality	High quality
	ISO	First Class	Secondary standard	Secondary standard	Secondary standard
	Shock/ Vibration	IEC 721-3-2-2m2	IEC 721-3-2-2m2	IEC 721-3-2-2m2	IEC 721-3-2-2m2
	CE	According to EC guideline 89/336/EEC 73/23/EEC	According to EC guideline 89/336/EEC 73/23/EEC	According to EC guideline 89/336/EEC 73/23/EEC	According to EC guideline 89/336/EEC 73/23/EEC
	Protection	IP 67	IP 67	IP 67	IP 67
Instrument calibration		Indoors, side by side against reference CM(P) 6 pyranometer, according to ISO 9847:1992 annex A.3.1	Indoors, side by side against reference CM(P) 11 pyranometer, according to ISO 9847:1992 annex A.3.1	Indoors, side by side against reference CM(P) 21 pyranometer, according to ISO 9847:1992 annex A.3.1	Indoors, side by side against reference CM(P) 22 pyranometer, according to ISO 9847:1992 annex A.3.1
Measurement certificates		Sensitivity calibration certificate	Sensitivity calibration certificate	Sensitivity calibration certificate, temperature dependence test report, directional error test report	Sensitivity calibration certificate, temperature dependence test report, directional error test report



7 PREGUNTAS FRECUENTES

Abajo se listan las preguntas más frecuentes. Para ver una versión actualizada consulte el sitio web de Kipp & Zonen en www.kippzonen.com

¿Resultado negativo durante las mediciones de noche?

Este error está relacionado con el Offset Cero de tipo A. Normalmente este offset cero está presente cuando la cúpula interna tiene una temperatura distinta de las uniones frías del sensor. Prácticamente ésta es siempre la causa cuando hay un cielo despejado. Debido a la baja temperatura efectiva del cielo (< 0˚C) la superficie de la Tierra emite aproximadamente 100 W/m² de la radiación infrarroja de onda larga hacia arriba. La cúpula de cristal externa de un piranómetro también tiene esta emisión y se enfría varios grados por debajo de la temperatura del aire (la emisividad del cristal para la región de longitudes de onda particulares es casi 1).

El calor emitido lo atrae el cuerpo (por conducción en la cúpula), desde el aire (por el viento) y desde la cúpula interna (a través de la radiación infrarroja). La cúpula interna se enfría demasiado y atraerá el calor del cuerpo por conducción y del sensor por la radiación infrarroja neta. El último flujo de calor se opone al flujo de calor de la radiación solar absorbida y causa una depresión cero conocida por la noche. Este offset cero negativo también está presente en un día despejado pero se oculta en la señal de radiación solar.

El Offset cero de tipo A se puede comprobar colocando una luz y una tapa de reflexión infrarroja sobre el piranómetro. La respuesta a la radiación solar decae con una constante de tiempo (1/e) de 1 segundo, pero la temperatura de la cúpula se equilibrará con una constante de tiempo de varios minutos. Por lo tanto, después de medio minuto la señal residual representa principalmente el Offset Cero tipo A.

La buena ventilación de las cúpulas y el cuerpo es la solución para minimizar los offsets cero. Kipp & Zonen aconseja la unidad de ventilación CV 2 para la ventilación óptima y la supresión del offset cero tipo A. Usando el CV 2 el Offset cero tipo A disminuirá aproximadamente el 50 %.

¿Cantidades de irradiación máxima y míniina?

Debido a la posible reflexión desde las nubes, la irradiancia global al nivel del mar puede subir por encima de la irradiancia directa extraterrestre de 1367 W/m2 en la parte superior de la atmósfera. Se ha informado de valores hasta 1500 W/m2.
Debido al movimiento de las nubes, este valor de irradiancia aparece casi siempre en eventos cortos de unos minutos de duración.

¿Cuál es el primer punto de entrada para la humedad?

El cierre del cartucho de secado y la cola de silicona de las cúpulas no están completamente estancos.

¿Afecta a la sensibilidad del piranómetro la longitud del cable de señal?

Con longitudes de cable mayores aumentan la impedancia, no obstante, esto no afecta a la sensibilidad del radiómetro por el motivo siguiente: la impedancia del dispositivo de medición del voltaje es al menos 10000 veces mayor que la impedancia del piranómetro más el cable. Por lo tanto, la corriente que pasa por el cable de lectura es insignificante y no generará una compensación. No obstante, la carga puede afectar al circuito de compensación de temperatura en cierta cantidad.



8 LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS

A continuación se muestra un procedimiento para revisar el instrumento en caso de que parezca que no funciona como debería.

Localización de averías:

Falla la señal de salida o muestra resultados improbables:

- Comprobar que los cables están conectados adecuadamente al equipo de lectura.
- Comprobar la posición del instrumento. ¿Hay algún obstáculo que proyecte una sombra sobre el instrumento bloqueando el sol directo durante alguna parte del día?
- Comprobar la cúpula, tiene que estar clara y limpia. Si se ha depositado agua en el interior, por favor, cambie el desecante. Si se ha depositado demasiado agua internamente hay que quitar el cartucho de secado y calentar el instrumento para secarle.
- Comprobar la impedancia del instrumento (ver especificaciones para los valores esperados).
- Comprobar el registrador de datos o el offset integrador conectando una carga simulada (100 Ohm de resistencia). Esto tiene que dar una lectura de «cero».
- Comprobar la nivelación (burbuja dentro del anillo)

Si se ha depositado agua o hielo en la cúpula, hay que limpiarla. Probablemente las gotitas de agua se evaporarán en menos de una hora cuando está al sol.

Se debe informar al distribuidor de cualquier daño y mal funcionamiento visible, y este sugerirá la acción adecuada.



APÉNDICE 1 TERMINOLOGÍA RADIOMÉTRICA

Término	Explicación
Albedo	La parte de radiación entrante que se refleja en una superficie
Ángulo acimut	Ángulo en dirección horizontal (0 – 360º)
Ángulo de incidencia	Ángulo de incidencia desde el cenit (vertical)
Respuesta coseno	Respuesta del detector de acuerdo con la ley del coseno
Irradiancia solar difusa	Radiación solar, aislado por vapor de agua, polvo y otras partículas que hay en la atmósfera
Irradiancia solar directa	Radiación que ha viajado en línea recta desde el sol
Irradiancia solar global	Irradiancia total que cae sobre una superficie horizontal (Difusa + Directa · cos α)
Irradiancia	Densidad de flujo radiante (W/m^2)
Radiación de onda larga	Radiación con longitudes de onda > 4 µm y < 100 µm
Piranómetro	Radiómetro adecuado para medir radiación global de onda corta
Pirgeómetro	Radiómetro adecuado para medir radiación de onda larga descendente
Pirheliómetro	Radiómetro adecuado para medir irradiancia directa
Radiación de onda corta	Radiación con longitudes de onda > 280 nm y < 4 µm
Termopila	Detector térmico fabricado con muchas uniones termopares
OMM	Organización de Meteorología Mundial
CMR	Centro Mundial de Radiación (en Davos, Suiza)
RRM	Referencia Radiométrica Mundial (escala de radiación estándar)
GMN	Grupo Mundial de Normalización (normas radiométricas mantenidas en Davos)
Ángulo cenital	Ángulo desde el cenit (0 º, vertical)



APÉNDICE II ESPECIFICACIONES DEL TERMISTOR 10K

YSI Termistor 44031 – Resistencia frente a Temperatura en ˚C

Thermistor (10 kΩ @ 25ºC)

$$T = \left(\alpha + \left[\beta \cdot (\ln(R)) + \gamma \cdot (\ln(R))^3\right]\right)^{-1} - 273.15$$

$\alpha : 1.03 \cdot 10^{-3}$

$\beta : 2.38 \cdot 10^{-4}$

$\gamma : 1.59 \cdot 10^{-7}$

T [°C] = Temperature R [Ω] = Resistance

YSI 44031 Temperatura vs. Resistencia								
Temperatura		Resistencia	Temperatura		Resistencia	Temperatura		Resistencia
[˚C]	[˚F]	[Ohm]	[˚C]	[˚F]	[Ohm]	[˚C]	[˚F]	[Ohm]
-30	-22,0	135.200	0	32,0	29.490	30	86,0	8.194
-29	-20,2	127.900	1	33,8	28.150	31	87,8	7.880
-28	-18,4	121.100	2	35,6	26.890	32	89,6	7.579
-27	-16,6	114.600	3	37,4	25.690	33	91,4	7.291
-26	-14,8	108.600	4	39,2	24.550	34	93,2	7.016
-25	-13,0	102.900	5	41,0	23.460	35	95,0	6.752
-24	-11,2	97.490	6	42,8	22.430	36	96,8	6.500
-23	-9,4	92.430	7	44,6	21.450	37	98,6	6.258
-22	-7,6	87.660	8	46,4	20.520	38	100,4	6.026
-21	-5,8	83.160	9	48,2	19.630	39	102,2	5.805
-20	-4,0	78.910	10	50,0	18.790	40	104,0	5.592
-19	-2,2	74.910	11	51,8	17.980	41	105,8	5.389
-18	-0,4	71.130	12	53,6	17.220	42	107,6	5.193
-17	1,4	67.570	13	55,4	16.490	43	109,4	5.006
-16	3,2	64.200	14	57,2	15.790	44	111,2	4.827
-15	5,0	61.020	15	59,0	15.130	45	113,0	4.655
-14	6,8	58.010	16	60,8	14.500	46	114,8	4.489
-13	8,6	55.170	17	62,6	13.900	47	116,6	4.331
-12	10,4	52.480	18	64,4	13.330	48	118,4	4.179
-11	12,2	49.940	19	66,2	12.790	49	120,2	4.033
-10	14,0	47.540	20	68,0	12.260	50	122,0	3.893
-9	15,8	45.270	21	69,8	11.770	51	123,8	3.758
-8	17,6	43.110	22	71,6	11.290	52	125,6	3.629
-7	19,4	41.070	23	73,4	10.840	53	127,4	3.504
-6	21,2	39.140	24	75,2	10.410	54	129,2	3.385
-5	23,0	37.310	25	77,0	10.000	55	131,0	3.270
-4	24,8	35.570	26	78,8	9.605	56	132,8	3.160
-3	26,6	33.930	27	80,6	9.227	57	134,6	3.054
-2	28,4	32.370	28	82,4	8.867	58	136,4	2.952
-1	30,2	30.890	29	84,2	8.523	59	138,2	2.854

APÉNDICE III ESPECIFICACIONES DEL PT-100



Pt-100 – Resistencia frente a Temperatura en ºC y ºF

Pt-100 (100 Ω @ 0ºC)

$$T = \frac{-\alpha + \sqrt{\alpha^2 - 4 \cdot \beta \cdot \left(\frac{-R}{100} + 1\right)}}{2 \cdot \beta}$$

$\alpha : 3.9083 \cdot 10^{-3}$

$\beta : -5.8019 \cdot 10^{-7}$

T [°C] = Temperature

R [Ω] = Resistance

Pt-100 Temperatura vs. Resistencia								
Temperatura		Resistencia	Temperatura		Resistencia	Temperatura		Resistencia
[˚C]	[˚F]	[Ohm]	[˚C]	[˚F]	[Ohm]	[˚C]	[˚F]	[Ohm]
-30	-22,0	88,2	0	32,0	100,0	30	86,0	111,7
-29	-20,2	88,6	1	33,8	100,4	31	87,8	112,1
-28	-18,4	89,0	2	35,6	100,8	32	89,6	112,5
-27	-16,6	89,4	3	37,4	101,2	33	91,4	112,8
-26	-14,8	89,8	4	39,2	101,6	34	93,2	113,2
-25	-13,0	90,2	5	41,0	102,0	35	95,0	113,6
-24	-11,2	90,6	6	42,8	102,3	36	96,8	114,0
-23	-9,4	91,0	7	44,6	102,7	37	98,6	114,4
-22	-7,6	91,4	8	46,4	103,1	38	100,4	114,8
-21	-5,8	91,8	9	48,2	103,5	39	102,2	115,2
-20	-4,0	92,2	10	50,0	103,9	40	104,0	115,5
-19	-2,2	92,6	11	51,8	104,3	41	105,8	115,9
-18	-0,4	93,0	12	53,6	104,7	42	107,6	116,3
-17	1,4	93,3	13	55,4	105,1	43	109,4	116,7
-16	3,2	93,7	14	57,2	105,5	44	111,2	117,1
-15	5,0	94,1	15	59,0	105,9	45	113,0	117,5
-14	6,8	94,5	16	60,8	106,2	46	114,8	117,9
-13	8,6	94,9	17	62,6	106,6	47	116,6	118,2
-12	10,4	95,3	18	64,4	107,0	48	118,4	118,6
-11	12,2	95,7	19	66,2	107,4	49	120,2	119,0
-10	14,0	96,1	20	68,0	107,8	50	122,0	119,4
-9	15,8	96,5	21	69,8	108,2	51	123,8	119,8
-8	17,6	96,9	22	71,6	108,6	52	125,6	120,2
-7	19,4	97,3	23	73,4	109,0	53	127,4	120,6
-6	21,2	97,7	24	75,2	109,4	54	129,2	120,9
-5	23,0	98,0	25	77,0	109,7	55	131,0	121,3
-4	24,8	98,4	26	78,8	110,1	56	132,8	121,7
-3	26,6	98,8	27	80,6	110,5	57	134,6	122,1
-2	28,4	99,2	28	82,4	110,9	58	136,4	122,5
-1	30,2	99,6	29	84,2	111,3	59	138,2	122,9



APÉNDICE IV CLASIFICACIÓN DE ACUERDO CON LA GUÍA DE LA OMM DE 1996

Características	**CMP 22**	**CMP 21**	**CMP 11 CMA 11**	**CMP 6 CMA 6**	**Alta calidad**	**Buena calidad**	**Calidad moderada**
Clasificación ISO 9060	Estándar secundaria	Estándar secundaria	Estándar secundaria	Primera clase	Estándar secundaria	Primera clase	Segunda clase
Tiempo de respuesta (95 por ciento de respuesta)	5 s	5 s	5 s	18 s	< 15 s	< 30 s	< 60 s
Offset cero: (a) Respuesta para 200 W/m² radiación térmica neta (ventilado) (b) Respuesta cambio 5 K/h a temperatura ambiente	± 3 W/m² ± 1 W/m²	± 7 W/m² ± 2 W/m²	± 7 W/m² ± 2 W/m²	± 15 W/m² ± 4 W/m²	± 7 W/m² ± 2 W/m²	± 15 W/m² ± 4 W/m²	± 30 W/m² ± 8 W/m²
Resolución (el menor cambio detectable)	± 1 W/m²	± 1 W/m²	± 1 W/m²	± 1 W/m²	± 1 W/m²	± 5 W/m²	± 10 W/m²
Estabilidad (cambio por año, porcentaje de escala completa)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1	± 0,8	± 1,5	± 3,0
Respuesta direccional de radiación de rayo (El rango de errores causados suponiendo que la respuesta a incidencia normal es válida para todas las direcciones cuando se mide, desde cualquier dirección, una radiación de un rayo cuya irradiacia de incidencia normal es de 1000 W/m²)	± 5 W/m²	± 10 W/m²	± 10 W/m²	± 20 W/m²	± 10 W/m²	± 20 W/m²	± 30 W/m²
Respuesta de temperatura (porcentaje del máximo debido a cualquier cambio de temperatura ambiente dentro de un intervalo de 50 K)	± 0,5 -20ºC-+50ºC	± 1 -20ºC-+50ºC	± 1 -10ºC-+40ºC	± 4 -10ºC-+40ºC	± 2	± 4	± 8
No linealidad (porcentaje de desviación desde la sensibilidad a 500 W/m² debido a cualquier cambio de irradiancia dentro del rango de 100 a 1000 W/m²)	± 0,2	± 0,2	± 0,2	± 1	± 0,5	± 1	± 3
Sensibilidad espectral (porcentaje de desviación del producto de la absorbancia espectral y la transmitancia espectral desde el medio correspondiente dentro del rango de 0,3 a 3 μm)					± 2	± 5	± 10
Respuesta de inclinación (porcentaje de desviación desde la sensibilidad en una inclinación de 0°, horizontal, debido al cambio en inclinación de 0° a 90° a una irradiacia de 1000 W/m²)	± 0,2	± 0,2	± 0,2	± 1	± 0,5	± 2	± 5
Incertidumbre alcanzable, nivel de confianza del 95 por ciento Totales horarios Totales diarios	1 %	2 %	2 %	5 %	3% 2%	8% 5%	20% 10%



APÉNDICE V LISTA DE CENTROS MUNDIALES Y REGIONALES DE RADIACIÓN

Centros Mundiales de Radiación

Davos (Suiza)
San Petesburgo (Rusia) (solo centro de datos)

Región I (África)
- Cairo (Egipto)
- Khartoum (Sudán)
- Kinshasa (Rep. Dem. del Congo)
- Lagos (Nigeria)
- Tamanrasset (Argelia)
- Tunis (Tunez)

Región II (Asia)
- Pune (India)
- Tokio (Japón)

Región III (Suramérica)
- Buenos Aires (Argentina)
- Lima (Perú)
- Santiago (Chile)

Región IV (América del Norte y Central)
- Toronto (Canadá)
- Boulder (Estados Unidos)
- Ciudad de México (México)

Región V (Sudoeste del Pacífico)
- Melbourne (Australia)

Región VI (Europa)
- Budapest (Hungría)
- Davos (Suiza)
- San Petersburgo (Federación Rusa)
- Norrköping (Suecia)
- Trappes/Carpentras (Francia)
- Uccle (Bélgica)
- Lindenberg (Alemania)



APÉNDICE VI SERVICIO DE RECALIBRACIÓN

**Piranómetros, Albedómetros, Pirgeómetros, Radiómetros UV &
Sensores de Duración de la Luz Solar**

Los instrumentos de medición de la radiación solar de Kipp & Zonen cumplen con las normas internacionales más exigentes. Para mantener el rendimiento especificado de estos instrumentos, Kipp & Zonen recomienda la calibración de sus instrumentos cada dos años.



Our customer support remains at your disposal for any maintenance or repair, calibration, supplies and spares.

Für Servicearbeiten und Kalibrierung, Verbrauchsmaterial und Ersatzteile steht Ihnen unsere Customer Support Abteilung zur Verfügung.

Notre service 'Support Clientèle' reste à votre entière disposition pour tout problème de maintenance, réparation ou d'étalonnage ainsi que pour les accessoires et pièces de rechange.

Nuestro servicio de atención al cliente esta a su disposición para cualquier actuación de mantenimiento, reparación, calibración y suministro de repuestos.

HEAD OFFICE

Kipp & Zonen B.V.
Delftechpark 36, 2628 XH Delft
P.O. Box 507, 2600 AM Delft
The Netherlands

T: +31 (0) 15 2755 210
F: +31 (0) 15 2620 351
info@kippzonen.com

SALES OFFICES

Kipp & Zonen France S.A.R.L.
88 Avenue de l'Europe
77184 Emerainville
France

T: +33 (0) 1 64 02 50 28
F: +33 (0) 1 64 02 50 29
kipp.france@kippzonen.com

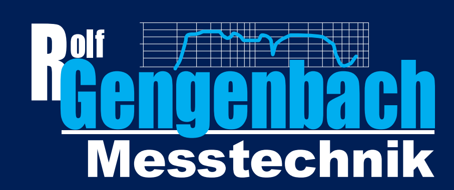
Kipp & Zonen Asia Pacific Pte. Ltd.
10 Ubi Crescent Lobby E
#02-93 Ubi Techpark
Singapore 408564

T: +65 (0) 6748 4700
F: +65 (0) 6748 6098
kipp.singapore@kippzonen.com

Kipp & Zonen USA Inc.
125 Wilbur Place
Bohemia
NY 11716
United States of America

T: +1 (0) 631 589 2065
F: +1 (0) 631 589 2068
kipp.usa@kippzonen.com

SALES OFFICE GERMANY and SWITZERLAND



Heinrich-Otto-Straße 3
D-73262 Reichenbach / Fils
T: +49 (0) 7153 9258-0
F: +49 (0) 7153 9258-160
info@rg-messtechnik.de
www.rg-messtechnik.de

Passion for Precision